

Kompaktantrieb, achsversetztes Winkelgetriebe und Verfahren zur Fertigung eines Antriebs

## **Beschreibung:**

- 5 Die Erfindung betrifft einen Kompaktantrieb, ein achsversetztes Winkelgetriebe und ein Verfahren zur Fertigung eines Antriebs.

Aus der DE 197 14 784 A1 ist ein Kompaktantrieb bekannt, der einen Elektromotor umfasst, an dessen einer Stirnseite ein Getriebe und an dessen anderer Stirnseite ein Umrichter  
10 angeordnet ist. Dabei muss der Elektronikbereich beziehungsweise der Motorbereich gegen das Getriebe abgedichtet werden. Nachteilig ist dabei, dass eine große axiale Länge vorhanden ist und nur an einer Stirnseite des Kompaktantriebs ein Abtrieb zur Verfügung gestellt werden kann.

15 Aus der JP 2002336305 A ist ein Getriebemotor bekannt, der allerdings keinen Umrichter umfasst. Außerdem gibt es zwischen Getriebe, Motor und Bremse sowie den zugehörigen Gehäuseteilen Schnittstellen, welche präzise gefertigt werden müssen und somit aufwendig und kostspielig sind.

20 Aus der DE 196 22 396 A1 ist ein Umrichter bekannt, welcher axial an einem Elektromotor hinter dessen Lüfter montiert wird und somit von dessen Lüfterstrom gekühlt wird. Allerdings ist somit ein großer Bauraum notwendig und außerdem ein Lüfter, der Umgebungsluft vorbeileiten können muss.

25 Aus der EP 0 694 203 B1 ist eine piezoelektrische Bremse bekannt.

Aus der DE 102 07 760 ist ein Verstellgetriebe bekannt, das allerdings ein großes Bauvolumen und eine Schnittstelle zum Rotor des Motors hin benötigt.

30 Aus der DE 198 48 324 A1 ist eine Kupplung bekannt, die allerdings zusätzliche aufwendige und kostspielige Bearbeitungen der drehbar gelagerten Teile erfordert. Insbesondere ist nicht nur die Sonne und die Rotorwelle sondern auch eine Kupplungshülse umfasst. Höhere Anzahl von Teilen bedeuten aber auch höhere Lagerkosten.

Aus der EP 1 081 827 A1 ist ein Elektrowerkzeug bekannt, bei dem ein Getriebe von einem Elektromotor antreibbar ist, wobei allerdings eine aufwendig zu fertigende Schnittstelle zwischen den Gehäuseteilen des Motors und des Getriebes vorgesehen ist.

5

Aus der DE 43 09 559 ist ein achsversetztes Winkelgetriebe bekannt, also Spiroplangetriebe, welches mit einem Elektromotor verbindbar und von diesem antreibbar ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Kompaktantrieb weiterzubilden unter Vermeidung der vorgenannten Nachteile. Insbesondere soll axiale Länge eingespart werden und möglichst viele Abtriebsvarianten, also einseitiger und doppelseitiger Abtrieb ausführbar sein.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei dem Kompaktantrieb nach den in Anspruch 1, 2, 3 oder 4, bei dem Spiroplangetriebe nach den in Anspruch 38 und bei dem Verfahren nach den in Anspruch 39 angegebenen Merkmalen gelöst.

Wesentliche Merkmale der Erfindung bei dem Kompaktantrieb sind, dass der Kompaktantrieb zumindest drei Antriebskomponenten, wie ein Elektromotor, ein Getriebe und eine elektronische Schaltung, insbesondere Umrichter, umfasst,

wobei ein zentrales Gehäuseteil vorgesehen ist,

wobei jede Antriebskomponente zur Bildung eines jeweiligen Gehäuses umgeben ist von dem zentralen Gehäuseteil und zumindest einem Gehäusedeckel der jeweiligen Antriebskomponente.

Von Vorteil ist dabei, dass jede Antriebskomponente zumindest zur Wärmeabfuhr mit dem gleichen zentralen Gehäuseteil verbunden ist und somit die Wärme von diesem aufspreizbar ist. Insbesondere ist die Wärme von einer Antriebskomponente einbringbar, welche zu dem jeweiligen Zeitpunkt eine Temperaturspitze hat. Somit ist nicht nur das jeweils eigene Gehäuse der Antriebskomponente zur Wärmeabfuhr verwendbar sondern auch derjenige Materialbereich der gehäusebildend für eine andere, zum selben Zeitpunkt kühlere Komponente ist. Bei niedrigen Motorströmen und hohen Drehzahlen fließt beispielsweise

Wärme vom Getriebe zum Motor; bei hohen Motorströmen und niedrigen Drehzahlen fließt die Wärme umgekehrt. Dabei muss die Wärme stets durch das zentrale Gehäuseteil und wird von diesem aufgespreizt.

- 5 Wesentliche Merkmale der Erfindung bei dem Kompaktantrieb sind, dass der Kompaktantrieb zumindest drei Antriebskomponenten, wie ein Elektromotor, ein Getriebe und eine elektronische Schaltung, insbesondere Umrichter, umfasst

wobei ein zentrales Gehäuseteil vorgesehen ist,

10

wobei der Stator des Elektromotors lösbar verbunden ist, insbesondere mittels einer Klemmverbindung, mit dem zentralen Gehäuseteil. Von Vorteil ist dabei, dass das zentrale Gehäuseteil zuerst bearbeitbar ist mit spanender Bearbeitung und anderen Bearbeitungsschritten; danach ist dann der Stator des Motors einführbar und verklemmbar.

- 15 Somit ist danach kein weiterer Bearbeitungsschritt mehr notwendig. Insbesondere ist dabei vorteilig, dass der Motor wieder lösbar ist und zu Wartungszwecken oder Servicezwecken austauschbar ist. Darüber hinaus ist auch kein Schrumpfverbinden notwendig, da hierbei ein einfaches Lösen nicht ausführbar ist.

- 20 Wesentliche Merkmale der Erfindung bei dem Kompaktantrieb sind, dass er zumindest einen Elektromotor, eine Bremse, ein Getriebe und einen Umrichter umfasst, wobei die Abtriebswelle des Getriebes und die Rotorwelle parallel zueinander angeordnet sind, wobei der Achsabstand von zumindest einer Getriebestufe bestimmt ist, wobei die erste Getriebestufe ein erstes, mit der Rotorwelle verbundenes Verzahnungsteil umfasst und ein
- 25 mit diesem in Eingriff stehendes, zweites, mit einer Zwischenwelle verbundenes Verzahnungsteil, wobei die Bremse, umfassend zumindest eine Bremsrotorwelle, im Gehäuse des Kompaktantriebs integriert ist, wobei die Bremsrotorwelle parallel zu der Rotorwelle angeordnet ist, wobei die Bremsrotorwelle mit einem Verzahnungsteil verbunden ist, das mit dem zweiten Verzahnungsteil in Eingriff steht.

30

Von Vorteil ist dabei, dass axiale Baulänge einsparbar ist und einseitiger und doppelseitiger Abtrieb ausführbar ist. Außerdem ist für die Bremsfunktion keine axiale Baulänge notwendig, sondern die Bremse ist parallel anordenbar neben dem Motor. Mittels der Wirkung der Bremse über die Verzahnungsteile ist es weiter ermöglicht, das Nenn-Bremsmoment zu

- 35 vergrößern oder zu verkleinern.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Elektromotor ein Synchronmotor. Von Vorteil ist dabei, dass hochdynamische Positionieraufgaben vom Kompaktantrieb ausführbar sind und/oder ein hohes Drehmoment über den gesamten Drehzahlbereich verfügbar ist.

5

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Umrichter seitlich von der Rotorwelle angeordnet. Von Vorteil ist dabei, dass Baulänge einsparbar ist und beide Seiten der Abtriebswelle zugänglich sind, also ein beidseitiger Abtrieb vorsehbar ist.

10 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Getriebebereich gegen die Umgebung und gegen den Bereich des Motors sowie gegen den Elektronikraumbereich abgedichtet. Von Vorteil ist dabei, dass der Getriebebereich Schmieröl umfassen darf und die Elektronik sowie die Stator- und Rotorteile geschützt bleiben vor dem Schmiermittel.

15 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung befinden sich der Getriebebereich, der Bereich des Motors und der Elektronikraumbereich auf einem ungefähr gleichen Temperaturniveau. Von Vorteil ist dabei, dass keine Wärmedämmungen notwendig sind und somit Material, Masse und Kosten einsparbar sind.

20 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst der Motor einen an dem einen Ende der Rotorwelle angeordneten Geber. Von Vorteil ist dabei, dass der Kompaktantrieb für Positionieraufgaben verwendbar ist und der Geber vom Gehäuse des Kompaktantriebs geschützt ist. An dem anderen Ende der Rotorwelle ist eine Bremse verbindbar, die ebenfalls vom Gehäuse des Kompaktantriebs schützbar ist.

25

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführung enthält der Motor keinen Geber, sondern wird die Lage mit Hilfe eines Schätzverfahrens ermittelt wodurch axialer Bauraum eingespart wird.

Wesentlicher Vorteil ist bei der Erfindung auch, dass die Rotorwelle ganz im Inneren des

30 Gehäuses bleibt und somit keine Dichtungen von der Rotorwelle zur Umgebung hin notwendig sind. Es genügt somit also ein einziger Wellendichtring, der auf der Rotorwelle läuft. Da die Rotorwelle eine hohe Drehzahl aufweisen kann, ist somit die Wärmeproduktion sehr viel kleiner als bei einem Motor, der zwei Wellendichtringe aufweist, insbesondere an seinen beiden axialen Enden der Rotorwelle.

35

Die Abtriebswelle weist beispielsweise drei Wellendichtringe auf. Da die Drehzahl aber viel geringer ist als bei der Rotorwelle ist die Gesamtproduktion an Wärme kleiner als bei einer Antriebs-Lösung, bei welcher sowohl die Rotorwelle als auch die Abtriebswelle zwei Wellendichtringe aufweist.

5

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des Getriebes wird zumindest eine Stirnradstufe verwendet, wodurch die axiale Baulänge sinkt und eine kostenoptimale Lösung entsteht.

- Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Getriebestufe als Verstellgetriebe mit einem variablen Übersetzungsverhältnis ausgeführt, wodurch der Verschleiß der Getriebestufe vom Drehzahlbereich minimiert und die Drehmomentübersetzung an den Belastungsfall angepasst wird. Vorteilhaft ist bei dem Verstellgetriebe, dass sogar alle Dichtungen zum Motorraumbereich entfallen können, da ein Verstellgetriebe, insbesondere ein Breitkeilriemengetriebe, keinen oder nur unwesentliche Mengen von Schmierstoff benötigt.
- 10 Somit sind nur Dichtungen vom Inneren des Kompaktantriebs zur äußeren Umgebung hin notwendig.

- Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind Rotorwelle und mindestens eine Welle des Getriebes im selben Gehäuseteil gelagert. Von Vorteil ist dabei, dass eine genaue Ausrichtung der Wellen zueinander schon bei der Fertigung und Bearbeitung des Gehäuseteils erreichbar ist. Denn das Gehäuseteil wird in nur einer Aufspannung endbearbeitbar und somit die relative Lage der Lagersitze sehr genau zueinander ausrichtbar.
- 20

- 25 Bremswiderstand und Schmierstoff derart gut wärmeleitend verbunden sind, dass der Schmierstoff mittels des Bremswiderstandes heizbar ist.

- Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Wärmeübergangswiderstand vom Bremswiderstand zum Schmierstoff kleiner ist als vom Bremswiderstand zur Umgebung.
- 30 Somit ist vorteilhafterweise bei niedrigen Umgebungstemperaturen der Antrieb heizbar, indem die elektronische Schaltung den Bremswiderstand genügend bestromt. Die Wärme strömt auf diese Weise hauptsächlich vom Bremswiderstand zum Schmierstoff und erwärmt diesen also in genügender Weise.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Wärmeübergangswiderstand von einer der Statorwicklungen zum im Betrieb bewegten Schmierstoff des Getriebes kleiner ist als von der Statorwicklung zur Umgebung. Somit ist Wärme von der Statorwicklung durch das zentrale Gehäuseteil schnell zum Schmierstoff hin abführbar. Dieser wird bewegt und transportiert  
5 somit die aufgenommene Wärmemenge an sein Gehäuse. Somit wird die Wärme schnell verteilt. Dazu ist der bloße Betrieb des Antriebs vorteilhaft ausgenutzt. Weiterer vorteiliger Effekt ist somit, dass das zentrale Gehäuseteil und auch der Gehäusedeckel des Getriebes auf ungefähr gleiches Temperaturniveau gebracht sind und somit die Wärmeabfuhr an die Umgebung optimiert ist, weil die Wärme aufgespreizt wird über möglichst viel  
10 Gehäuseoberfläche zur Umgebung hin. Des Weiteren steht mit dem zentralen Gehäuseteil und dem Schmierstoff zusammen eine große gemeinsame Wärmekapazität zur Verfügung, die Temperaturspitzen abfangen hilft.

Bei kleiner Drehzahl und insbesondere hohem vom Motor aufgenommenen Strom wird ein  
15 durchschnittlicher resultierender Wärmestrom vom Motor zum Stator fließen und dann über das Gehäuse an die Umgebung angeführt werden.

Bei hohen Drehzahlen und insbesondere kleinen vom Motor aufgenommenen Strömen wird ein durchschnittlicher resultierender Wärmestrom vom Stator zum Motor fließen und dann  
20 über das Gehäuse an die Umgebung angeführt werden.

Da zwischen dem die elektronische Schaltung, also die Umrichterelektronik, aufnehmendem Gehäusedeckel und dem zentralen Gehäuseteil eine Wärmesperre angeordnet ist, wird die Wärme der Leistungshalbleiter der Endstufe des Umrichters über diesen Gehäusedeckel an  
25 die Umgebung abgeführt.

Der Bremswiderstand ist vorteiligerweise in einer Gehäusetasche des zentralen Gehäuseteils wärmeleitend verbunden und elektrisch über einen Steckverbinder mit dem die elektronische Schaltung aufnehmenden Gehäusedeckel lösbar verbindbar.

30

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Kompaktantrieb als rechteckiger Quader mit 6 Seiten ausgeführt, wobei Ausnahmen vorsehbar sind. Insbesondere sind nur eine bis drei Seiten mit Gehäusedeckeln zum Montieren und Warten der Antriebskomponenten vorgesehen. Somit sind die anderen Seiten des Gehäuses des Quaders vom zentralen  
35 Gehäuseteil bildbar. Daher ist dann auch die Wärmeabfuhr an die Umgebung verbessert, da

das zentrale Gehäuseteil die Wärme der Wärmequellen, wie Bremswiderstand, Bremse, Getriebe und/oder Motor aufspreizt.

Zur erwähnten Aufspreizung der Wärme ist es auch vorteilhaft, dass jede

- 5 Antriebskomponente zur jeder anderen mittels nur einer Gehäusewandung des zentralen Gehäuseteils getrennt ist. Somit muss die Wärme zu einer anderen kühleren Komponente nur durch diese eine Wand hindurchgeführt werden.

- Die elektronische Schaltung ist auch mit dem einen Sensor verbunden, der eine auf das
- 10 zentrale Gehäuseteil beziehbare Temperatur bestimmbar macht. Auf diese Weise ist mittels der elektronischen Schaltung eine Temperaturüberwachung des Antriebs ausführbar, insbesondere auch eine Energieflussregelung. Denn mittels der elektronischen Schaltung ist der Bremswiderstand bestrombar und somit Wärme zuführbar und es ist auch der Motor mit reduzierter Leistung betreibbar, also die Wärmeproduktion verringerbar. Auch bei einer
- 15 vorsehbaren Bremsspule der Bremse ist eine Bestromung zur Wärmeabfuhr steuerbar.

Wesentliche Merkmale bei der Spiroplangetriebestufe sind, dass sie für einen Kompaktantrieb vorgesehen ist,

- 20 wobei ein zentrales Gehäuseteil vorgesehen ist,

- wobei jede Antriebskomponente zur Bildung eines jeweiligen Gehäuses umgeben ist von dem zentralen Gehäuseteil und zumindest einem Gehäusedeckel der jeweiligen Antriebskomponente. Von Vorteil ist dabei, dass das Ritzel der Spiroplangetriebestufe
- 25 infolge seiner zylindrischen Form nach Montieren nicht mehr eingestellt und justiert werden muss. Außerdem ist wegen des vorhandenen Achsversatzes beim Spiroplangetriebe der Antrieb sehr kompakt ausführbar. Überraschenderweise ist mit einer Spiroplangetriebestufe und einer abtreibenden Stirnradgetriebestufe nicht nur ein insgesamt hoher Wirkungsgrad erzielbar sondern auch eine Reduzierung der Länge in axialer Richtung des Motors, da das
- 30 Spiroplan-Rad in dazu senkrechter Richtung anordenbar ist und das abtreibende Zahnrad somit näher zum Ritzel und Motor hin vorsehbar ist. Auch eine Hypoidstufe würde ähnliche Vorteile bringen, wobei aber das Ritzel nach Montage eingestellt werden müsste. Wegen der Verwendung des Spiroplangetriebes ist aber das zentrale Gehäuseteil derart formbar und um das Getriebe herum führbar, dass nur ein kleiner Getriebegehäusedeckel notwendig ist und
- 35 die Montage trotzdem einfach und schnell ausführbar ist.

Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.



## Bezugszeichenliste

- 1 Lager
- 2 Wellendichtring
- 5 3 Gehäusedeckel
- 4 Kühlvorrichtungen
- 5 Wellendichtring
- 6 Lager
- 7 Wellendichtring
- 10 8 Abtriebswelle
- 9 Lager
- 10 Zahnrad
- 11 Stator
- 12 Permanentmagnete
- 15 13 Rotorwelle
- 14 Ritzel
- 15 Wellendichtring
- 16 Statorwicklung
- 17 Elektronikraumbereich
- 20 18 Lager
- 19 Resolverstator
- 20 Lager
- 21 Gehäuseteil
- 22 Gehäuseteil
- 25 23 Resolverrotor
- 31 Elektronikraumbereich
- 40 Getriebe
- 51 Elektromotor
- 52 erstes Verzahnenteil der ersten Getriebestufe
- 30 53 Motorgehäusewand
- 54 zweites Verzahnenteil der ersten Getriebestufe
- 55 verbundenes erstes Verzahnenteil der zweiten Getriebestufe
- 56 zweites Verzahnenteil der zweiten Getriebestufe

- 57 Abtriebs-Hohlwelle
- 58 Verzahnungsteil
- 59 Bremse
- 60 Gehäuse
- 5 61 Gehäusewand
- 71 zentrales Gehäuseteil
- 72 Gehäusedeckel
- 73 Gehäusedeckel
- 74 Gehäusedeckel
- 10 75 Spiroplan-Ritzel
- 76 Spiroplan-Zahnrad
- 77 Zahnrad
- 78 Zahnrad
- 79 Bremswiderstand
- 15

Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

In der Figur 4 ist ein erfindungsgemäßer Kompaktantrieb in Schrägansicht gezeichnet, wobei das Getriebe 40 nur symbolisch angedeutet ist.

5

In der Figur 1 ist ein erfindungsgemäßer Kompaktantrieb in Schrägansicht gezeichnet.

In der Figur 2 ist ein erfindungsgemäßer Kompaktantrieb angeschnitten gezeigt.

- 10 In der Figur 3 ist ein erfindungsgemäßer Kompaktantrieb angeschnitten gezeigt, bei dem im Unterschied zu Figur 2 der Umrichter auf der anderen Seite von der Abtriebswelle als der Motor angeordnet ist.

- Das symbolisch angedeutete Getriebe in Figur 4 ist bei verschiedenen erfindungsgemäßen
- 15 Ausführungsvarianten jeweils verschiedenartig ausgeführt. In einer ersten Variante ist es als Stirnradgetriebe ausgeführt, was in den Figuren 2 und 3 auch verdeutlicht ist. In einer anderen Variante ist das Getriebe aus Figur 4 als Verstellgetriebe ausgeführt. Dieses Verstellgetriebe ist entweder in der Art eines VARIMOT-Getriebes der Firma SEW-EURODRIVE ausführbar, also mit zwei aneinander reibenden Scheiben, oder in der Art eines
- 20 VARIBLOC-Getriebes der Firma SEW-EURODRIVE ausführbar, also als Breitkeilriemengetriebe wobei der Abstand zweier kegeliger Verstellscheiben die Übersetzung bestimmen. Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist auch statt eines Keilriemens eine Kette vorteiligerweise verwendbar.

- 25 Im erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel nach Figur 2 ist der Motor seitlich von der Abtriebswelle angeordnet. Die Rotorwelle 13 und die Abtriebswelle 8 sind also parallel angeordnet. Der Achsabstand dieser Wellen ist bestimmt durch die Verzahnungsteile der Stirnradgetriebestufe, die aus einem mit der Rotorwelle 13 formschlüssig und/oder kraftschlüssig verbundenen Ritzel 14 und einem als Stirnrad ausgeführten Zahnrad 10, das
- 30 mit der Abtriebswelle 8 verbunden ist, besteht.

Der Raumbereich des Getriebes, also der Stirnradgetriebestufe, ist von dem Raumbereich des Elektromotors abgedichtet ausgeführt. Der Wellendichtring 15 dichtet diese Raumbereiche an der Rotorwelle ab, da die Rotorwelle im Raumbereich des Motors die

Permanentmagnete 12 trägt und im Raumbereich des Getriebes das Ritzel 14. Der Wellendichtring 5 dichtet den Raumbereich des Getriebes vom Raumbereich des Motors an der Abtriebswelle 8 ab, die als Hohlwelle ausgeführt ist.

- 5 Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist statt der gezeigten Stirnradgetriebestufe ein anderes Getriebe, umfassend mehrere Getriebestufen, einsetzbar.

Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist die Abtriebswelle nicht als Hohlwelle sondern als Vollwelle ausgebildet. Des Weiteren besteht auch die Möglichkeit, die

- 10 Abtriebswelle gemäß der Norm für Roboterschnittstellen auszubilden, wodurch ein sehr kompakter Abtrieb mit geringer axialer Baulänge entsteht.

Die Abtriebswelle 8 ist über das Lager 1 in demselben Gehäuseteil 21 gelagert, in welchem auch die Rotorwelle 13 über das Lager 18 gelagert ist.

15

Mittels des auf der Abtriebswelle 8 laufenden und in das Gehäusedeckels 3 eingesetzten Wellendichtrings 2 ist der Raumbereich des Motors gegen die Umgebung abgedichtet.

Die Gehäuseteile 21 und 22 sind mit Kühlvorrichtungen 4 versehen zur Abführung der im

- 20 Motor, Getriebe und Umrichter entstehenden Wärme.

Die Abtriebswelle 8 ist über das andere, axial gegenüber liegende Lager (6,9) wiederum in dem selben Gehäuseteil 22 gelagert, in welchem auch die Rotorwelle 13 über das andere Lager 20 gelagert ist.

25

Wesentlicher Vorteil bei dem Kompaktantrieb ist, dass keine Kupplung zwischen Motor und Getriebe notwendig ist und somit zusätzliche Teile entfallen. Insbesondere verwenden Motor und Getriebe sogar gleiche Gehäuseteile gemeinsam. Darüber hinaus ist eine genaue Ausrichtung der Wellen zueinander schon bei der Fertigung und Bearbeitung des

- 30 Gehäuseteils erreichbar, indem Lagersitze für Motor und Getriebe, insbesondere beispielhaft die Lager 9 und 20, in ihrer relativen Lage zueinander beim Herstellen äußerst genau festlegbar sind. Denn das Gehäuseteil wird in nur einer Werkzeugmaschine in einer einzigen Aufspannung endbearbeitbar. Somit ist die relative Lage der Lagersitze sehr genau zueinander ausrichtbar. Weiter vorteilhaft an der gemeinsamen Nutzung eines Gehäuseteils

ist auch, dass der Kompaktantrieb auf diese Weise nicht nur ein kleines Bauvolumen benötigt sondern auch eine besonders hohe Stabilität aufweist, da die Kräfte des Motors und des Getriebes innerhalb desselben Gehäuseteils zueinander geleitet werden.

- 5 Weiterer Vorteil eines gemeinsam verwendeten, also zentralen, Gehäuseteils ist auch die schnelle Verteilung der Wärme, welche in einem Bereich zugeführt wird, an andere Bereiche. Somit behindern keine Schnittstellen den Wärmeabtransport in Richtung anderer Bereiche. Da die verschiedenen Bereiche stets verschiedene Anteile an Wärmeproduktion aufweisen, ist der größte zugehörige produzierte Wärmequellenstrom schneller über das zentrale
- 10 Gehäuseteil verteilbar an die anderen Bereiche. Dieses Aufspreizen der Wärme hat weiter zum Vorteil, dass eine sehr große Oberfläche für die Wärmeabfuhr an die Umgebung zur Verfügung steht. Daher sind sogar spezielle aufwendige und kostspielige Kühlvorrichtungen einsparbar, wie beispielsweise Kühlfinger und/oder Kühlrippen. Darüber hinaus ist das Gehäuse im Wesentlichen glatt ausführbar, so dass Flüssigkeiten schnell und leicht
- 15 abfließen können.

Mittels des auf der Abtriebswelle 8 laufenden und in das Gehäuseteil 22 eingesetzten Wellendichtrings 7 ist der Raumbereich des Getriebes gegen die Umgebung abgedichtet.

- 20 Der Stator 11 mit den Statorwicklungen 16 ist um die Rotorwelle 13 herum angeordnet.

Dieser Elektromotor ist als Mehrphasen-Synchronmotor ausgeführt. Es sind jedoch bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen auch beliebige andere Motoren statt des Synchronmotors integrierbar in den Kompaktantrieb.

25

Der auf der Rotorwelle laufende, in das Gehäuseteil 22 eingesetzte Wellendichtring 15 dichtet den Raumbereich des Getriebes vom Raumbereich des Motors ab.

- Der Elektronikraumbereich 17 für den Umrichter ist zum Raumbereich des Motors nicht
- 30 abgedichtet.

Der Motor trägt an seinem einen axialen Ende einen Resolver, der einen Resolverstator 19 und einen Resolverrotor 23 umfasst.

Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen sind statt des Resolvers auch andere Winkelsensoren oder Winkelgeschwindigkeitssensoren vorsehbar. Auch ist bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen an der dem Winkelsensor gegenüberliegenden Seite eine Bremse in den Kompaktantrieb integrierbar.

5

Bei wiederum anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist der Umrichter derart betrieben, dass mittels eines Verfahrens der Winkelwert geschätzt wird unter Verwendung eines geeigneten Motor-Modells. Somit ist weitere axiale Baulänge einsparbar.

- 10 In der Figur 2 ist eine andere Variante eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels gezeigt, bei dem der Elektronikraumbereich 31 nicht direkt zum Raumbereich des Motors ist sondern die Abtriebswelle 8 dazwischen liegt. In diesem Beispiel dichtet dann der Wellendichtring 5 den Raumbereich des Getriebes gegen den Elektronikraumbereich 31 ab, wobei der Wellendichtring 5 auf der Abtriebswelle 8 läuft und im Gehäuseteil 21 sitzt.

15

Der Getrieberaumbereich ist mit Schmierstoff, wie Schmieröl, Schmierfett oder dergleichen, befüllbar.

Bei den gezeigten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist keine wesentliche

- 20 Wärmedämmung zwischen den Raumbereichen des Umrichters, also dem Elektronikraumbereich, und dem Getriebe-Raumbereich sowie dem Motorraumbereich vorgesehen. Somit liegen die Raumbereiche auf ungefähr einem gleichen Temperaturniveau. Ein ungefähr gleiches Temperaturniveau bedeutet einen Temperaturunterschied von maximal 10 ° Celsius im Dauerbetrieb mit Nennlast. Selbstverständlich ist bei stoßartigem
- 25 Betrieb kurzfristig eine größere Temperaturdifferenz der Raumbereiche erreichbar. Vorteilhaft und überraschend ist bei dieser Ausführung, dass keine spezielle Wärmedämmung nötig ist und somit Material, Masse und Kosten einsparbar sind.

Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen sind auch Wärmedämmungen

- 30 zwischen zweien oder mehreren der Raumbereiche vorsehbar.

Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist der Motor hochpolig ausgeführt, insbesondere acht- oder zehnpolig. Der Motor ist vorteilhafterweise nach Art der

DE 100 49 883 ausgeführt oder nach Art der DE 103 17 749. Somit ist im Kompaktantrieb eine einzige Getriebestufe zusammen mit einem solchen Mehrphasenmotor ausreichend, um einen weiten Bereich an Übersetzungszahlen zu überdecken.

- 5 Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist als Abtriebswelle keine Hohlwelle sondern ein zylindrischer Wellenstumpf ausgeführt, wobei diese Abtriebswelle mittels Passfederverbindung mit der anzutreibenden Vorrichtung verbindbar ist.

- Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist die Abtriebswelle und das  
10 abtriebsseitige Gehäuseteil nach Art der Roboterschnittstelle EN-ISO 9402 – 1 ausgeführt. Somit ist axiale Baulänge einsparbar und ein hohes Drehmoment übertragbar. Außerdem ist Kompatibilität mit entsprechenden, anzutreibenden und anzuschließenden Vorrichtungen erreicht.

- 15 Die elektrischen Anschlussvorrichtungen sind auf der Rückseite des Gehäuses vorgesehen und daher in den Figuren 1 bis 4 nicht sichtbar. Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen sind jedoch auch andere Positionen für die Anschlussvorrichtungen vorsehbar.

- 20 Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen sind die Anschlussvorrichtungen nur als Energieversorgung ausgeführt. Insbesondere sind nur Starkstromkabel zum Kompaktantrieb geführt. Die für die Datenkommunikation notwendige Übertragung von Daten zum oder vom Umrichter zu einer anderen, insbesondere übergeordneten Einheit, erfolgt dabei mittels Aufmodulation auf die Leistungsleitungen. Die Aufmodulation ist in bekannter  
25 Weise ausführbar, insbesondere wie aus der Powerline-Kommunikation oder nach dem FSK oder nach dem FH/PSK-Verfahren, also mache dem Frequency Hopping Phase Shift Keying, bekannt.

- In der Figur 5 ist ein weiteres erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem das  
30 Gehäuse 60 einen mittels einer Gehäusewand 53 abgetrennten Bereich für den Elektromotor 51 aufweist. Der Elektromotor weist als erstes Verzahnenteil 52 der ersten Getriebestufe ein Ritzel auf, das mit der Rotorwelle des Elektromotors 51 formschlüssig oder kraftschlüssig verbunden ist und mit einem auf einer Zwischenwelle verbundenen zweiten Verzahnenteil 54 der ersten Getriebestufe im Eingriff steht. Diese Zwischenwelle ist wiederum mit einem  
35 weiteren Verzahnungsteil, nämlich dem ersten Verzahnenteil 55 der zweiten Getriebestufe,

verbunden, das mit dem zweiten Verzahnungsteil 56 der zweiten Getriebestufe im Eingriff steht. Dieses Verzahnungsteil 56 ist mit der Abtriebs-Hohlwelle 57 verbunden, die ein kompaktes Verbinden mit einer anzutreibenden Vorrichtung ermöglicht. Wesentlich ist nun, dass eine Bremse 59 einen Bremsrotor umfasst, der mit einem Ritzel als Verzahnungsteil 58  
5 verbunden ist, das mit dem zweiten Verzahnungsteil der ersten Getriebestufe im Eingriff steht. Der Elektromotor 51 ist also ohne Bremse ausgeführt. Die Bremse 59 übt ihre Bremswirkung über das Ritzel 58 auf ein Verzahnungsteil aus. Die Bremswirkung ist sozusagen nicht direkt sondern indirekt ausgeführt.

- 10 Wesentlich bei der Ausführungsform nach Figur 5 ist auch, dass der Getriebebereich abgedichtet ausgebildet ist gegenüber dem Bereich des Elektromotors und der Bremse. Der Bereich der Bremse und des Motors müssen zueinander nicht abgedichtet sein. Die Bereiche sind in entsprechende Gehäusetaschen eingeordnet, deren Wände die Gehäusewände sind. Der Elektronikbereich, also der Umrichterbereich, ist auch abdichtbar gegen die anderen  
15 Bereiche, insbesondere gegen den Getriebebereich. Zum Motorbereich hin ist vom Elektronikbereich her keine absolute Abdichtung notwendig. Auch die Kabeldurchführungen vom Elektronikbereich zum Motorenbereich und gegebenenfalls zum Getriebebereich sind dicht und in hoher Schutzart ausgeführt.
- 20 Die Verzahnungsparameter in Figur 5 sind derart wählbar, dass das auf die Rotorwelle übertragene Bremsmoment der Bremse kleiner, größer oder gleich dem Motor-Nennmoment ist. Insbesondere bei einer Auslegung, bei der das übertragene Bremsmoment größer ist als das Motor-Nennmoment, ist die Bremse sehr klein und kompakt ausführbar. Somit wird Bauvolumen einsparbar.

25

Bei den Figuren 1 bis 5 ist klar ersichtlich, dass das Gehäuse des Kompaktantriebs im Wesentlichen quaderförmig ausgeführt ist. Da die Hohlwellenabtriebsachse in Normalenrichtung zur größten Fläche des Quaders orientiert ist, ist der Antrieb verwendbar in Applikationen, die üblicherweise Winkelantrieben vorbehalten sind. Die Kompaktheit des  
30 erfindungsgemäßen Antriebs ist insbesondere auch bewirkt durch die Anordnung der Rotorachse, nämlich in paralleler Orientierung zur Abtriebswelle des Kompaktantriebs.

Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist statt der quaderförmigen Ausführung auch eine ähnliche Ausführung des Gehäuses vorteilhaft, wobei allerdings im

- 35 Bereich der Abtriebswelle der Quader eine wesentliche Ausnehmung aufweist. Auf diese



Weise ist zwar der Abstand der Abtriebslager verringert und somit die Steifheit gegen Querkräfte ebenfalls, aber es ist genügend Bauraum zur Verbindung mit der anzutreibenden Welle vorhanden.

- 5 Darüber hinaus ist mit dem erfindungsgemäßen Kompaktantrieb ein besserer Wirkungsgrad als bei Winkelmotoren erreichbar, da Stirnradgetriebe verwendbar sind. Solche haben nämlich stets einen besseren Wirkungsgrad als Winkelgetrieben.

Bei der Erfindung ist auch sehr wichtig, dass das Gehäuse des gesamten Kompaktantriebs  
10 ein zentrales Gehäuseteil aufweist, welches Gehäusefunktion für Motor, Getriebe und Elektronik ausführt. Auf das Gehäuseteil werden nur Gehäusedeckel verbunden. Das zentrale Gehäuseteil umfasst Lagerstellen für das Getriebe und für den Motor. Es ist auch an seiner Innenseite in Kontakt mit Schmierstoff des Getriebes. Außerdem ist das Blechpaket des Stators des Motors gehalten im zentralen Gehäuseteil. Aber nicht nur der Schmierstoff  
15 des Getriebes und die Statorwicklungen stehen somit in guter wärmeleitender Verbindung mit dem zentralen Gehäuseteil sondern auch die Elektronik, umfassend ein optionaler Bremswiderstand. Bei dem Teil der Elektronik, die nicht den Bremswiderstand umfasst, ist allerdings ein Gehäusedeckel wärmeleitend verbunden zur Abfuhr der Wärme der Elektronik an die Umgebung.

20

Weil das zentrale Gehäuseteil zumindest mit allen drei Antriebskomponenten in guter wärmeleitender Verbindung steht und somit jede Antriebskomponente Wärme an das zentrale Teil abgeben kann. Da das zentrale Teil sehr groß ist, hat es eine hohe Wärmekapazität und kann daher kurzfristige Spitzen an von den Antriebskomponenten zu  
25 ihm fließenden Wärmeströmen aufnehmen. Dies ist besonders von Vorteil, weil die verschiedenen Antriebskomponenten bei verschiedenen Betriebszuständen verschiedene Wärmeverlustleistungen aufweisen.

Beispielsweise ist beim Anfahren des Antriebs im Bereich des Losbrechmoments die  
30 Wärmeproduktion des Motors sehr groß. Allgemein gesprochen, ist die Wärmeproduktion des Motors drehmomentabhängig. Die Wärmeproduktion des Getriebes ist hingegen drehzahlabhängig, also erst später mit zunehmender Drehzahl relevant.

Vorteil des gemeinsamen zentralen Gehäuseteils ist also, dass eine große Masse vorhanden  
35 ist und somit ein guter Wärmeausgleich zwischen den Antriebskomponenten statt findet.

Wegen des zentralen Gehäuseteils entfallen dann Schnittstellen zwischen den Antriebskomponenten, also sind auch weniger Bauteile, wie Gehäuseteile, Dichtungen, Schrauben und dergleichen, notwendig und der gesamte Antrieb ist kompakter ausführbar.

- 5 Wichtig ist dabei auch, dass die üblicherweise bei Schnittstellen notwendigen Bearbeitungsschritte entfallen.

Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen werden Verzahnungsteile von Getrieben eines Getriebebaukastens für Getriebestufen des Kompaktantriebs

- 10 wiederverwendet. Somit ist die Anzahl der herzustellenden Verzahnungsteile insgesamt geringer.

Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist ein Geber mechanisch mit der Abtriebswelle und elektrisch mit dem Elektronikbereich verbunden. Der Geber ist ein

- 15 Winkellagegeber und/oder ein Drehmomentengeber. Somit ist die Regel-Software im Umrichter mit besonders guten Regeleigenschaften ausführbar.

Bei weiter vorteilhafter Ausgestaltung weist der Kompaktantrieb an der Vorderseite und an der Rückseite dieselbe mechanische Schnittstelle auf zur Verbindung mit einer

- 20 anzutreibenden Vorrichtung. Dazu ist die Abtriebswelle als von Vorderseite bis Rückseite durchgehende Hohlwelle ausgeführt. Somit ist der Kompaktantrieb von beiden Seiten in eine Anlage oder Maschine einbaubar. Darüber hinaus ist auch eine Serienschaltung von Kompaktantrieben ausführbar, wodurch das Drehmoment insgesamt erhöhbar ist.

- 25 Bei weiter vorteilhafter Ausgestaltung ist der Elektromotor als Synchronmotor ausgeführt. Somit sind Schlupfverluste reduzierbar und die Regelgenauigkeit verbesserbar.

Bei anderer vorteilhafter Ausgestaltung ist der Elektromotor als Reluktanzmotor in kostengünstiger Weise ausführbar.

30

Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist statt der Bremse ein anderer Energiespeicher ausgeführt, also beispielsweise ein Schwungrad oder eine andere Schwungmasse. Dazu ist die Verzahnung des Ritzels der Bremse derart mit der mit ihr in

Eingriff stehenden Verzahnung ausgelegt, dass die Schwungmasse sich mit hoher Drehzahl dreht, insbesondere zur Einsparung von Bauraum.

Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist die Bremse mit ihrem Ritzel statt  
5 mit dem zweiten mit dem ersten Verzahnungsteil im Eingriff und übt somit die Bremswirkung direkter aus.

Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist eine Getriebestufe, insbesondere die abtriebsseitigste, als Winkelgetriebestufe, insbesondere als Schneckengetriebestufe oder  
10 Spiroplangetriebestufe, ausgeführt. Somit sind besonders kompakte Bauformen ermöglicht.

Bei vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung grenzt der Elektronikbereich an den Getriebebereich und ist von diesem nur mit einer Gehäusewand getrennt. Daher ist die von der Elektronik erzeugte Wärme über die Gehäusewand and den Schmierstoff des Getriebes  
15 abführbar. Die Zirkulation des Schmierstoffes, die durch die Bewegung der Verzahnungsteile vergrößert wird, ist somit ein entscheidendes Mittel zum Abtransport der Wärme an die Umgebung. Denn vom Schmierstoff wird die Wärme zu den anderen Gehäusewänden des Getriebebereiches transportiert und von dort abgegeben an die Umgebung. Auf dieselbe Weise ist Wärme abtransportierbar, wenn der Motorbereich über eine Gehäusewand an den  
20 Getriebebereich angrenzt.

Wie in den Figuren 2 bis 5 klar erkennbar ist, ist der Bereich der Elektronik in der Nähe des Bereichs des Motors angeordnet. Somit ist im Elektronikbereich, insbesondere auf einer Leiterplatte der Elektronik selbst, ein Sender oder mehrere Sensoren vorsehbar. Dieser  
25 Sensor detektiert je nach Art und Weise der Anbringung des Sensors an der Leiterplatte somit Werte von Zustandsgrößen im Elektronik- oder Motorbereich. Dazu ist zumindest ein Teilbereich des Übergangs des Bereiches der Elektronik zum Bereich des Motors offen ausgeführt. Wird also der Gehäusedeckel mit der Elektronik auf das zentrale Gehäuseteil aufgesetzt, wird der mit der Elektronik verbundene Sensor richtig positioniert.

30

Als Sensoren sind einerseits Temperatursensoren und andererseits Winkel- oder Winkelgeschwindigkeitssensoren vorteilhaft vorsehbar. Als Winkelsensoren sind beispielsweise Hallsensoren verwendbar, die das magnetische Feld der Permanentmagnete des Rotor detektieren. Auf diese Weise lassen sich die Winkel- und/oder  
35 Winkelgeschwindigkeits-Informationen direkt am Rotor erfassen.

Bei Verwendung eines Temperatursensors ist eine Überwachung der Temperatur ausführbar. Es ist aber auch eine Steuerung der Temperatur dadurch ausführbar, dass die an den Bremswiderstand zugeführte Leistung vorgegeben wird und/oder die an den Motor  
5 übertragene Leistung. Es ist damit insgesamt selbstverständlich sogar eine Regelung der Temperatur ausführbar.

Zur Erreichung eines hohen Drehmomentes sind die Statorwicklungen als Zahnwicklungen ausgeführt, also sind auf jeden Zahn jeweils Wicklungen aufgeschoben oder um diesen  
10 herum gewickelt, insbesondere zur Erreichung hoher Momente und hoher Wirkungsgrade.

Darüber hinaus ist im Bereich der Elektronik eine Gehäusewand des zentralen Gehäuseteils vorsehbar, an der der Bremswiderstand derart anbringbar ist, dass er sehr gut wärmeleitend mit der Gehäusewand und dem auf der anderen Seite dieser Wand sich befindenden  
15 Schmierstoff des Getriebes verbunden ist. Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist eine Gehäusetasche zur Aufnahme des Bremswiderstandes ausgebildet. Mit dem Bremswiderstand ist eine Beheizung des Kompaktantriebs erzielbar, die die Möglichkeiten der Heizung der Statorwicklungen mittels einer überlagerten Gleichstromkomponente übertrifft. Somit ist der Kompaktantrieb auch bei sehr tiefen  
20 Temperaturen einsetzbar.

Darüber hinaus ist im Bereich der Elektronik ein elektronisches Typenschild vorgesehen, also ein beschreibbarer Speicher, der Daten des Antriebs sowie auch Zustandsdaten oder Wartungs- und Diagnose-Informationen speichert. Das Speichern ist auch ohne äußere  
25 Energieversorgung ausführbar. Insbesondere sind Daten speicherbar, die sich beziehen auf Temperatur, Drehzahl und/oder Drehmoment. Das Abspeichern und/oder Summieren der mit der jeweiligen Temperatur gewichteten Zeitabschnitte kann dabei zum Bestimmen des Schmierstoffwechselintervalls herangezogen werden.

30 Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen umfasst das Blechpaket Zähne, auf die die Statorwicklungen aufgeschoben sind oder um die die Statorwicklungen herumgewickelt sind. Vorteilhafterweise sind somit bei geringen Fertigungskosten hohe Drehmomente und ein hoher Wirkungsgrad des Motors erreichbar.

In der Figur 6 ist ein weiteres erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem keine Bremse vorgesehen ist und die Abtriebsachse des Antriebs senkrecht zur Rotorachse angeordnet ist. Somit ist ein kompakter Winkelantrieb realisiert. Das zentrale Gehäuseteil 71 führt gehäusebildende Funktion aus für den Elektronik-Bereich, den Bereich des Motors und  
5 den Bereich des Getriebes.

Der Gehäusedeckel 72 umfasst eine Aufnahme für eine Leiterplatte, die mittels Steckverbinder mit einer weiteren Leiterplatte, welche im zentralen Gehäuseteil 71 aufgenommen und verbunden ist, verbindbar ist.

10

Der Gehäusedeckel 73 ist abnehmbar, wodurch der Motor, umfassend Stator-Blechpaket, Statorwicklungen und auch Rotorwelle, im zentralen Gehäuseteil 71 einbaubar ist.

Der Gehäusedeckel 74 ist ebenfalls abnehmbar, wodurch das Getriebe montierbar ist  
15 und/oder Schmierstoff einfüllbar ist.

Das Getriebe ist zweistufig aufgebaut, wobei die eintreibende Stufe eine Spiroplangetriebestufe ist und die abtreibende Stufe eine Stirnradstufe. Das mit der Rotorwelle des Motors verbundene Spiroplan-Ritzel 75 weist eine zylindrische Einhüllende  
20 auf und ist mit einem Achsversatz zur Achse des mit dem Ritzel 75 im Eingriff stehenden Spiroplan-Zahnrads 76 vorgesehen. Die abtreibende Stufe ist aus den Zahnrädern 77 und 78 gebildet.

Durch die gezeigte Ausführungsform ist ein besonders kompakter Antrieb, insbesondere  
25 Umrichter-Getriebemotor, ausführbar.

Die eintreibende Spiroplanstufe ermöglicht wegen des Achsversatzes das Einhalten einer geringen Überfahrhöhe. Dies bedeutet beispielsweise, dass die abtreibende Achse ein Rad antreiben kann, das ein Band trägt und antreibt, welches unter dem erfindungsgemäßen  
30 Kompaktantrieb verläuft und nicht vom Motorgehäuse gestört wird. Denn der Motor ist wegen des Achsversatzes in Figur 6 höher angeordnet als die Unterkante des Getriebes. Dabei ist in Figur 6 der Elektronikbereich „oben“ und die Unterkante des Getriebes „unten“.

Wenn ein Kegelgetriebe als eintreibende Stufe verwendet würde, wäre nur ein Motor geringerer Leistung und somit kleinerer Bauart verwendbar. Bei der Erfindung hingegen wird ein Motor mit großem Drehmoment einsetzbar, da mittels des Achsversatzes Platz geschaffen ist, ohne die Überfahrhöhe zu reduzieren.

5

Wegen der Optimierung der Überfahrhöhe haben die Räder 78 und 76 einen möglichst geringen Abstand zur Unterkante des Getriebes.

Das zentrale Gehäuseteil ist im Motorbereich höher ausgeführt als die untere Seite des  
10 Getriebes, also Unterkante des Getriebes, welche auf der vom Elektronikbereich abgewandten Seite vorgesehen ist.

Bei der Spiroplangetriebestufe schneidet die Ritzelachse die Radachse nicht und ist senkrecht zu ihr angeordnet, wobei der Achsversatz kleiner ist als der Grundkreisradius der  
15 Verzahnung des Rades. Somit sind hohe Wirkungsgrade erreichbar, obwohl ein Achsversatz vorgesehen ist. Die Einhüllende des Ritzels ist ein Zylinder, also kein Kegel. Dies steht im Gegensatz zu Kegelgetriebestufen.

Der Bremswiderstand 79 ist in einer Vertiefung des zentralen Gehäuseteils 71 angeordnet,  
20 die in den Getriebebereich hineinragt. Somit ist die durch die Gehäusewand des Gehäuseteils hindurchtretende Wärme vom Schmierstoff schnell und leicht verteilbar, wodurch die Wärme schnell über das zentrale Gehäuseteil hinweg aufspreizbar ist. Besonders vorteilig ist dabei noch darüber hinaus, dass die Gehäusetasche in der Nähe der eintreibenden Seite, also näher an der eintreibenden als an der abtreibenden Seite, in den  
25 Getriebebereich hineinragt, Denn hier ist die Bewegung der Verzahnenteile schneller und somit die Bewegungsgeschwindigkeiten des Schmierstoffs ebenfalls, was zu einem schnellen Abführen der Wärme des Bremswiderstandes führt.

Im Gehäusedeckel 73 ist ein Winkelgeber integrierbar. Bei noch vorteilhafteren  
30 Ausführungen der Erfindung ist aber ein Geber einsparbar und ersetzt durch ein geberloses Steuer- und Regelverfahren im Umrichter, insbesondere geeignet ausgeführt für Synchronmotoren. Auf diese Weise ist der Gehäusedeckel 73 kleiner ausführbar.

**Patentansprüche:**

1. Kompaktantrieb,

5

umfassend zumindest drei Antriebskomponenten, wie ein Elektromotor, ein Getriebe und eine elektronische Schaltung, insbesondere Umrichter,

wobei ein **zentrales Gehäuseteil** vorgesehen ist,

10

wobei jede Antriebskomponente zur Bildung eines jeweiligen Gehäuses umgeben ist von dem zentralen Gehäuseteil und zumindest einem Gehäusedeckel der jeweiligen Antriebskomponente.

2. Kompaktantrieb,

umfassend zumindest drei Antriebskomponenten, wie ein Elektromotor, ein Getriebe und eine elektronische Schaltung, insbesondere Umrichter,

5

wobei ein **zentrales Gehäuseteil** vorgesehen ist,

wobei der Stator des Elektromotors lösbar verbunden ist, insbesondere mittels einer **Klemmverbindung**, mit dem zentralen Gehäuseteil.



### 3. Kompaktantrieb,

umfassend zumindest einen Elektromotor, eine Bremse, ein Getriebe und einen Umrichter,

5

wobei die Abtriebswelle des Getriebes und die Rotorwelle parallel zueinander angeordnet sind

und der Achsabstand von zumindest einer Getriebestufe bestimmt ist,

10

wobei die erste Getriebestufe ein erstes, mit der Rotorwelle verbundenes Verzahnungsteil umfasst und ein mit diesem in Eingriff stehendes, zweites, mit einer Zwischenwelle verbundenes Verzahnungsteil,

15 wobei die Bremse, umfassend zumindest eine Bremsrotorwelle, im Gehäuse des Kompaktantriebs integriert ist,

wobei die Bremsrotorwelle **parallel** zu der Rotorwelle angeordnet ist,

20 wobei die Bremsrotorwelle mit einem Verzahnungsteil verbunden ist, das mit dem zweiten Verzahnungsteil in Eingriff steht

wobei der **Elektronikraumbereich** für den Umrichter **zum Raumbereich** des Elektromotors **nicht abgedichtet** vorgesehen ist.

25

#### 4. Kompaktantrieb,

umfassend zumindest einen Elektromotor, eine Bremse, ein Getriebe und einen Umrichter,

- 5 wobei die Abtriebswelle des Getriebes und die Rotorwelle parallel zueinander angeordnet sind

und der Achsabstand von zumindest einer Getriebestufe bestimmt ist,

- 10 wobei die erste Getriebestufe ein erstes, mit der Rotorwelle verbundenes Verzahnungsteil umfasst und ein mit diesem in Eingriff stehendes, zweites, mit einer Zwischenwelle verbundenes Verzahnungsteil,

wobei die Bremse, umfassend zumindest eine Bremsrotorwelle, im Gehäuse des

- 15 Kompaktantriebs integriert ist,

wobei die Bremsrotorwelle parallel zu der Rotorwelle angeordnet ist,

wobei die Bremsrotorwelle mit einem Verzahnungsteil verbunden ist, das mit dem zweiten

- 20 Verzahnungsteil in Eingriff steht,

wobei die Rotorwelle und mindestens eine Welle des Getriebes im selben Gehäuseteil, insbesondere in einem zentralen Gehäuseteil, gelagert sind.

5. Kompaktantrieb nach Anspruch 3 oder 4,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Bremse eine elektromagnetisch betätigbare Bremse ist.

5

6. Kompaktantrieb nach Anspruch 3 oder 4,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
als Bremse eine piezoelektrisch arbeitende Bremse vorgesehen ist.

10 7. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
mindestens eine Getriebestufe als Stirnradgetriebestufe ausgeführt ist.

8. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
15 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Getriebestufe als Verstellgetriebe ausgeführt ist, insbesondere als  
Breitkeilriemengetriebe oder Kettenantrieb.

9. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
20 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Elektromotor ein Synchronmotor und/oder ein permanenterregter Motor ist.

10. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
25 der Umrichter seitlich von der Rotorwelle angeordnet ist.

11. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Getriebebereich gegen die Umgebung und gegen den Bereich des Motors sowie gegen  
30 den Elektronikraumbereich abgedichtet ist.

12. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Getriebebereich, der Bereich des Motors und der Elektronikraumbereich auf einem ungefähr gleichen Temperaturniveau sich befinden.

13. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
5 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Motor einen Geber, insbesondere umfassend einen Resolver-Stator und einen Resolver-Rotor, umfasst.

14. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
Rotorwelle und mindestens eine Welle des Getriebes im selben Gehäuseteil gelagert sind.

5

15. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
nur ein einziger Wellendichtring auf der Rotorwelle läuft.

10 16. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
drei Wellendichtringe auf der Abtriebswelle laufen.

17. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
15 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Gehäuse aus Gehäuseteilen und Gehäusedeckeln zusammengesetzt ist, insbesondere  
einem oder zwei zentralen Gehäuseteilen und einem Gehäusedeckel.

18. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
20 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Gehäuse keine Kühlrippen oder Kühlfinger aufweist.

19. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

ein **Gehäusedeckel mit einer elektronischen Schaltung verbunden** ist und/oder eine elektronische Schaltung im Gehäusedeckel integriert ist.

5

20. Kompaktantrieb nach Anspruch 19,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Gehäusedeckel mit der elektronischen Schaltung elektrisch mittels elektrischem Steckverbinder mit dem restlichen Kompaktantrieb verbunden ist, insbesondere zur schnellen

10' und einfachen Austauschbarkeit des Gehäusedeckels bei Wartungsarbeiten oder Reparaturen.

21. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

15 der Gehäusedeckel für die elektronische Schaltung lösbar verbindbar ist mit dem zentralen Gehäuseteil, wobei eine Wärmesperre bei der Verbindung vorgesehen ist.

22. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

20 die Wärmesperre als Dichtung oder als Kunststoffteil-Gehäuseteil ausgebildet ist.

23. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

25 der Gehäusedeckel für die elektronische Schaltung mit seiner Normalenrichtung senkrecht zur Abtriebswelle ausgerichtet ist.

24. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

30 elektrische Anschlussvorrichtungen für Leistungsleitungen an einem Gehäuseteil des Kompaktantriebs vorgesehen sind.

25. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Kompaktantrieb zumindest eine elektronische Schaltung zur Aufmodulation oder Demodulation von Information auf die Leistungsleitungen umfasst, insbesondere nach dem Powerline, FSK oder ähnlichen Verfahren.

- 5 26. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die abtriebsseitigste Getriebestufe als Winkelgetriebestufe, insbesondere als Schneckengetriebestufe, Kegelgetriebestufe oder Spiroplangetriebestufe, ausgeführt ist.
- 10 27. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
statt der Bremse ein Energiespeicher, wie Schwungrad oder Schwungmasse, vorgesehen ist.
- 15 28. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
mit der elektronischen Schaltung ein oder mehrere Sensoren verbunden sind, die beim Aufstecken des Gehäusedeckels derart positionierbar sind, dass Werte von physikalischen Größen des Bereichs des Motors, wie Temperatur, Winkelgeschwindigkeit des Rotors,  
20 Winkel des Rotors oder dergleichen, bestimmbar sind.
29. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die elektronische Schaltung derart gestaltet ist, dass eine Überwachung, Steuerung und/oder  
25 Regelung der Temperatur des zentralen Gehäuseteils ausführbar ist.
30. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
Bremswiderstand und Schmierstoff derart gut wärmeleitend verbunden sind, dass der  
30 Schmierstoff mittels des Bremswiderstandes heizbar und/oder erwärmbar ist.
31. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Wärmeübergangswiderstand vom Bremswiderstand zum Schmierstoff, insbesondere zum im Betrieb bewegten Schmierstoff des Getriebes, kleiner ist als vom Bremswiderstand zur Umgebung.

- 5 32. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Wärmeübergangswiderstand von einer der Statorwicklungen zum Schmierstoff,  
insbesondere zum im Betrieb bewegten Schmierstoff des Getriebes, kleiner ist als von der  
Statorwicklung zur Umgebung.
- 10 33. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Bremswiderstand in einer Vertiefung, Mulde und/oder Tasche des zentralen Gehäuseteils  
71 angeordnet ist.
- 15 34. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Bremswiderstand in den Getriebebereich derart hineinragt, dass die Gehäusetasche  
näher an der eintreibenden als an der abtreibenden Seite angeordnet ist.
- 20 35. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die elektronische Schaltung ein elektronisches Typenschild umfasst und/oder die  
elektronische Schaltung mit einem Bus, insbesondere Feldbus, verbunden ist.
- 25 36. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Blechpaket des Stators des Motors, umfassend Statorwicklungen, im zentralen  
30 Gehäuseteil gehalten ist.
37. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**



das Blechpaket des Stators des Motors, umfassend Statorwicklungen, im zentralen Gehäuseteil lösbar verbunden ist.

38. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**5 dadurch gekennzeichnet, dass**

das Blechpaket des Stators eines Winkelsensors und/oder Winkelgeschwindigkeitssensors im zentralen Gehäuseteil lösbar verbunden ist.

39. Kompaktantrieb nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**10 dadurch gekennzeichnet, dass**

das Blechpaket Zähne umfasst, auf die die Statorwicklungen aufgeschoben sind oder um die die Statorwicklungen herumgewickelt sind.

40. Achsversetzte Winkelgetriebestufe für einen Kompaktantrieb,

wobei ein zentrales Gehäuseteil vorgesehen ist,

- 5 wobei jede Antriebskomponente zur Bildung eines jeweiligen Gehäuses umgeben ist von dem zentralen Gehäuseteil und zumindest einem Gehäusedeckel der jeweiligen Antriebskomponente.

41. Winkelgetriebestufe nach Anspruch 40,

- 10 **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Winkelgetriebestufe ein Rad und ein mit diesem in Eingriff stehendes Ritzel umfasst, wobei das Rad auf seiner Stirnseite mit einer Verzahnung versehen ist und/oder das Ritzel eine zylindrische Einhüllende an seinem Außenumfang aufweist.

- 15 42. Winkelgetriebestufe nach Anspruch 40,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Winkelgetriebestufe eine Spiroplangetriebestufe ist, insbesondere schneidet die Ritzelachse die Radachse nicht und ist senkrecht zu ihr angeordnet, wobei der Achsversatz kleiner ist als der Grundkreisradius der Verzahnung des Rades.

43. Verfahren zur Fertigung eines Antriebs,

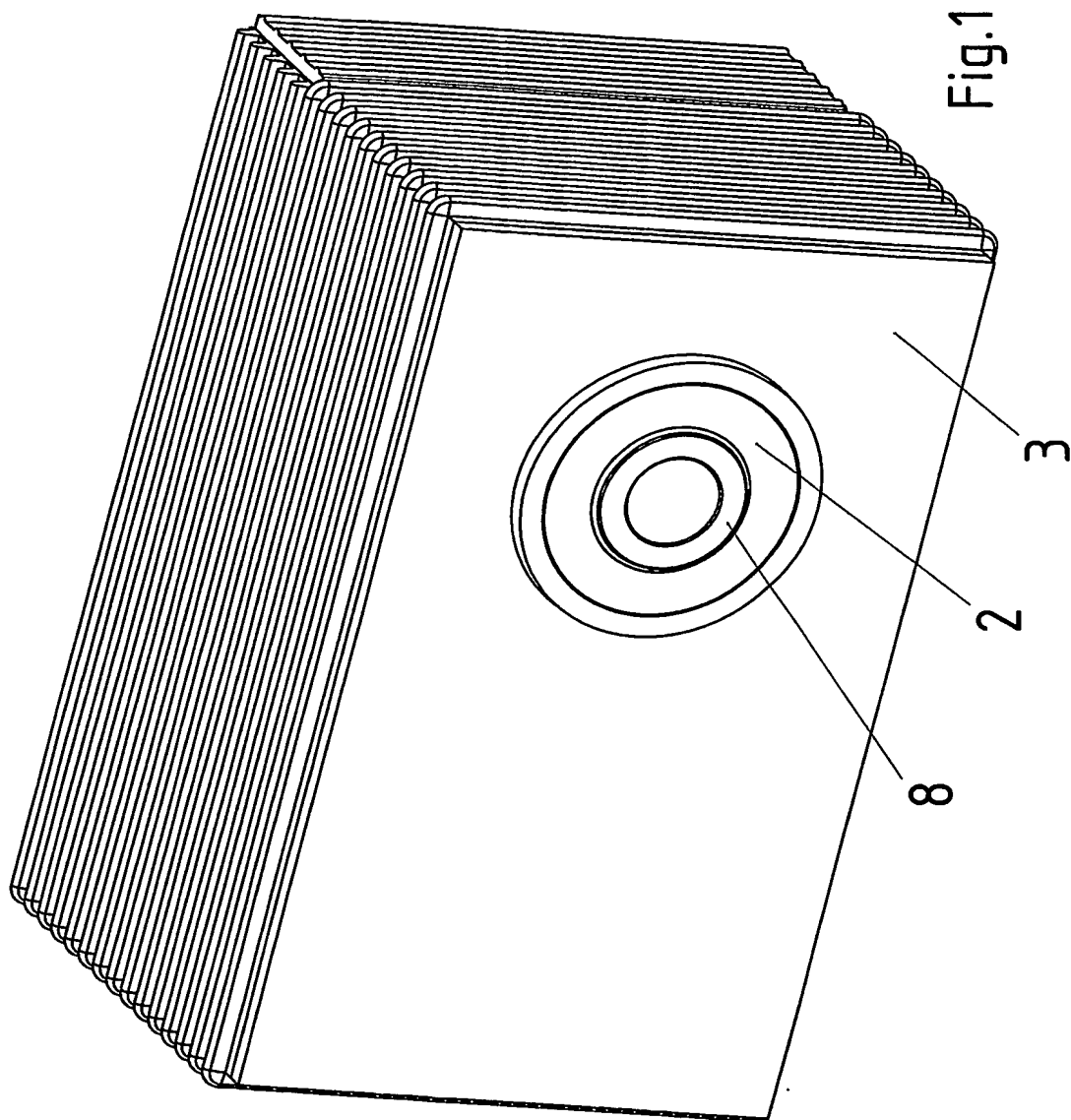
umfassend zumindest einen Elektromotor,

5 dadurch gekennzeichnet, dass

ein zentrales Gehäuseteil vorgesehen ist, welches bei der Fertigung

- zuerst bearbeitet wird, insbesondere zuerst spanend bearbeitet wird,
  - und in welches danach der Stator des Elektromotors eingeführt wird und lösbar
- 10 verbunden wird.

wobei der Stator des Elektromotors lösbar verbunden ist, insbesondere mittels einer Klemmverbindung, mit dem zentralen Gehäuseteil.



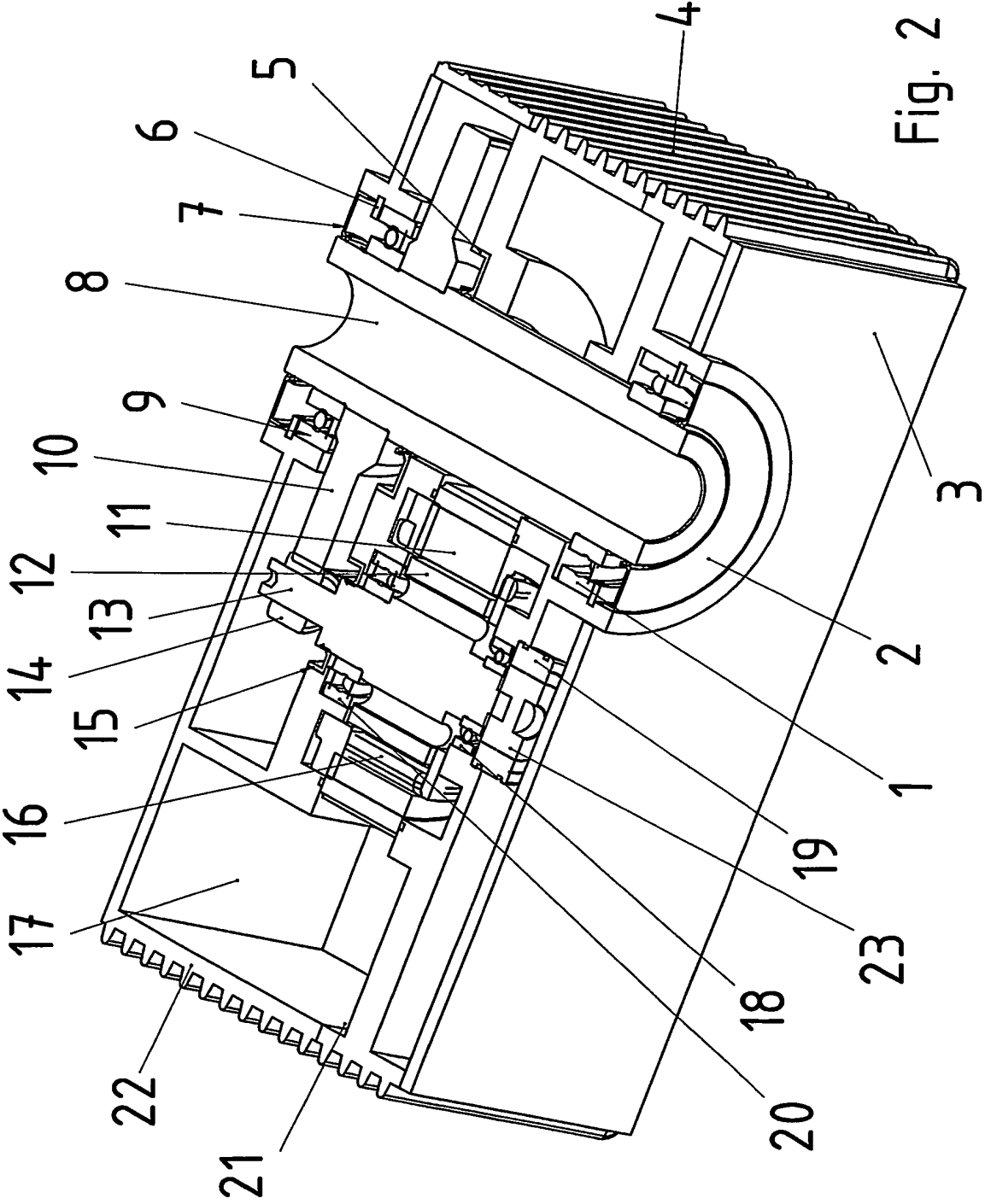


Fig. 2

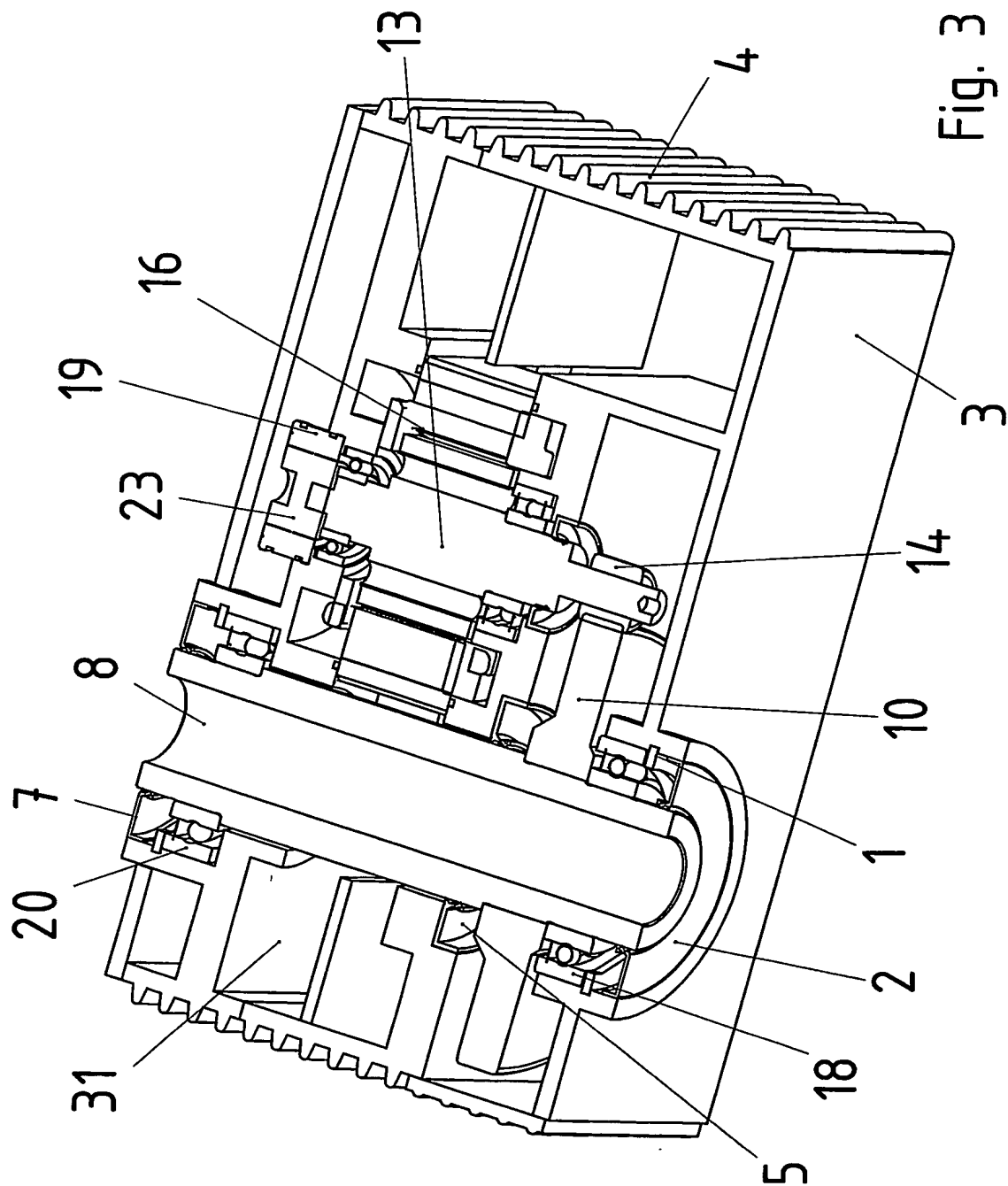


Fig. 3

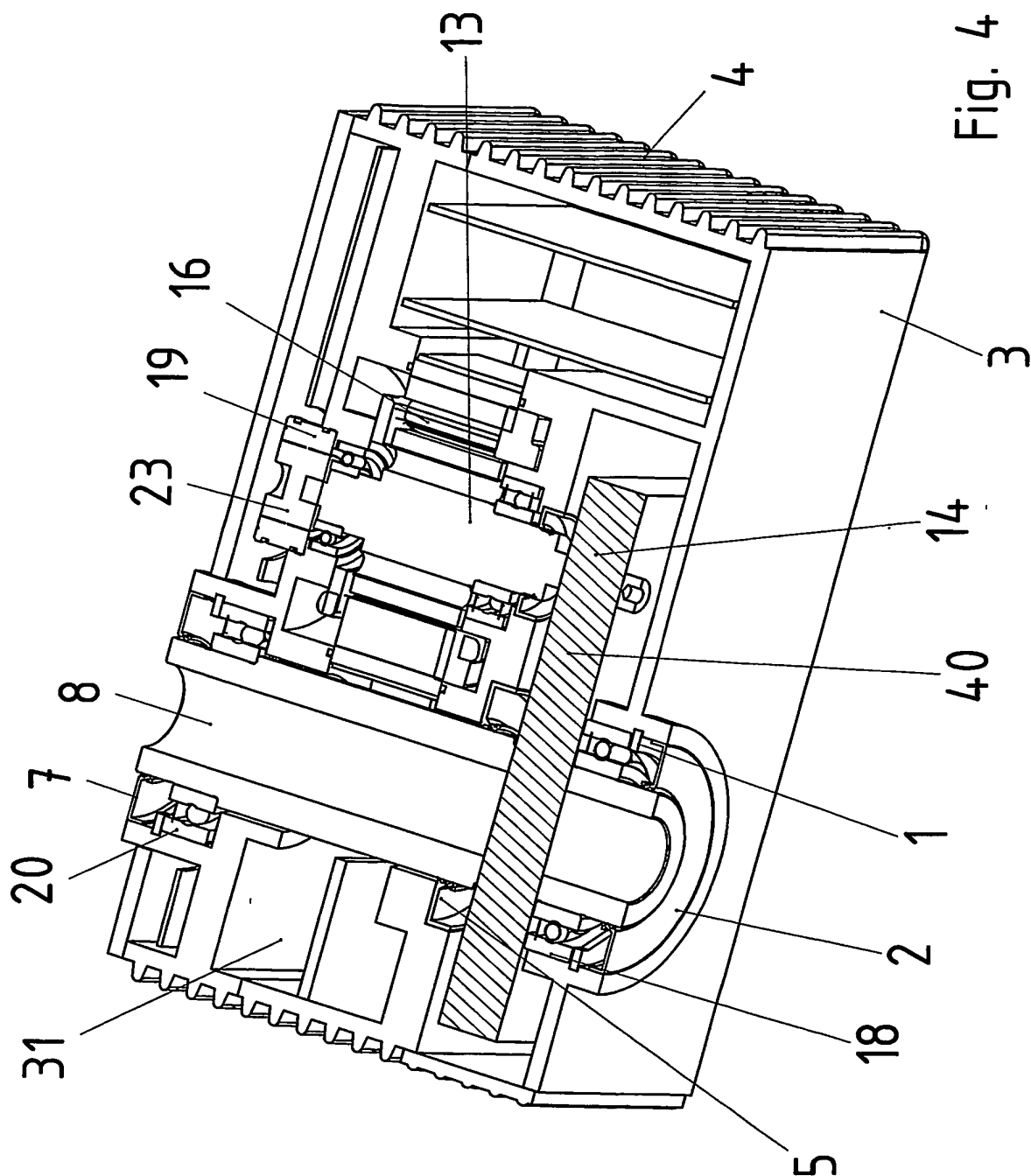
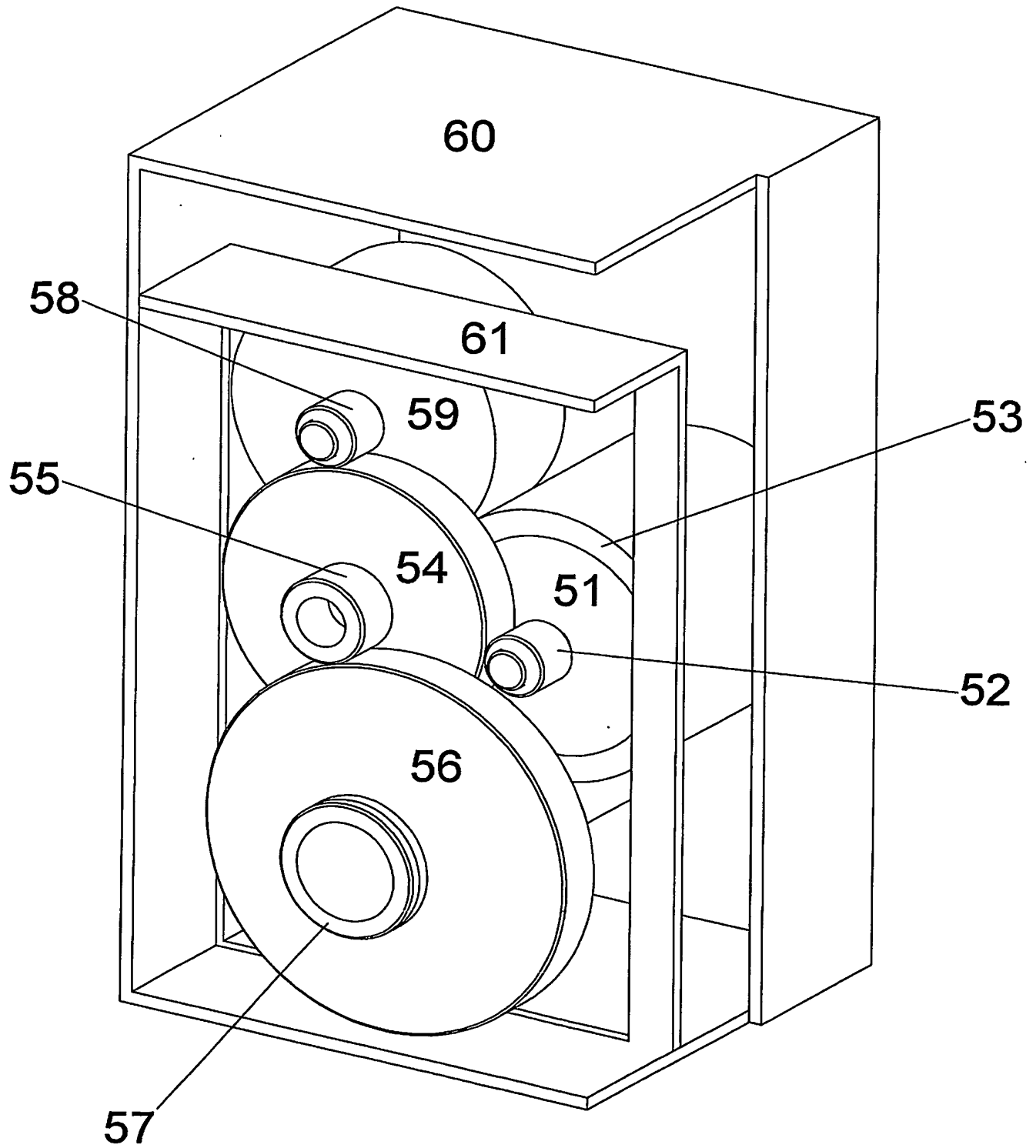


Fig. 4



**Fig. 5**



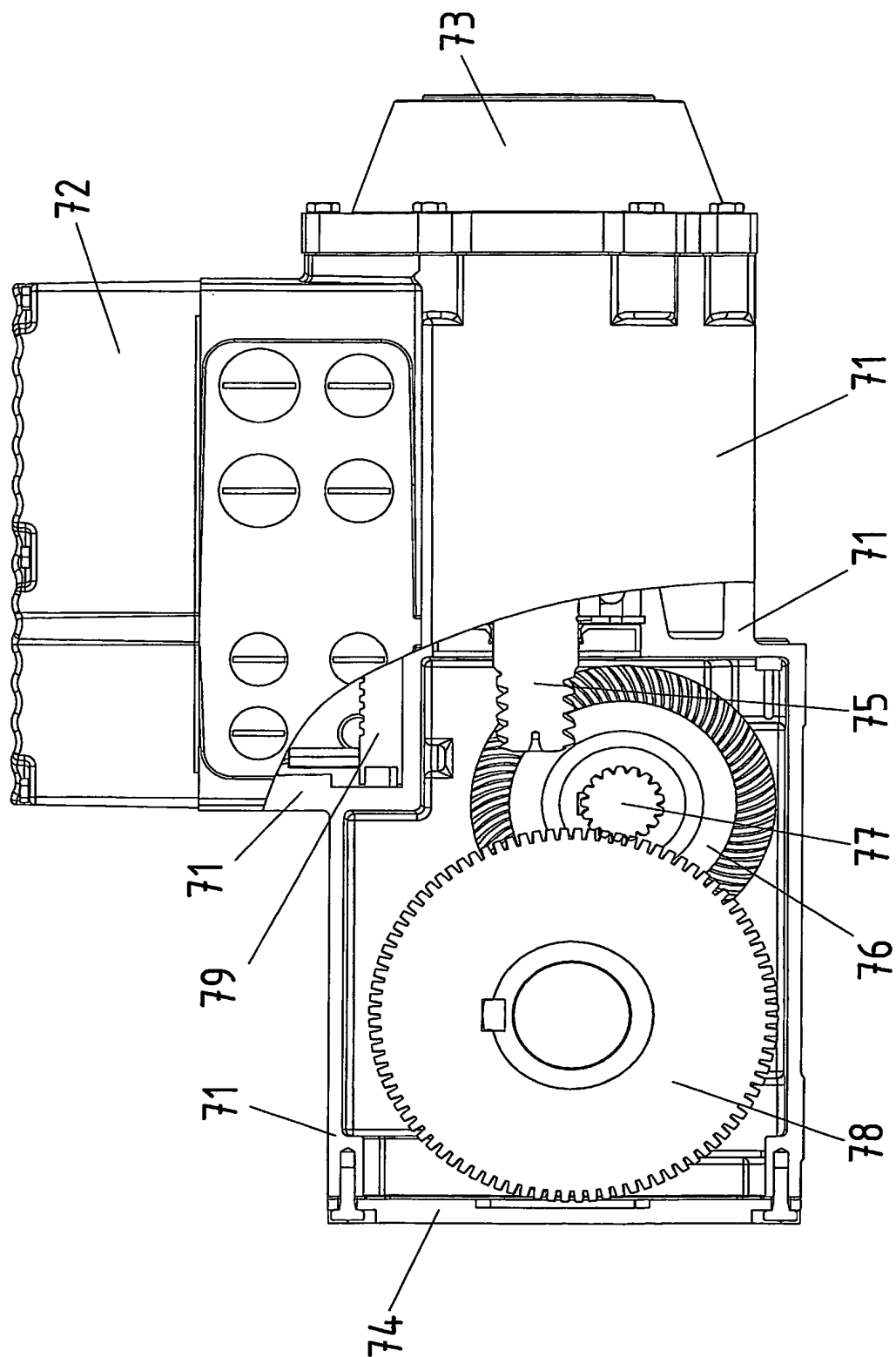


Fig. 6